



Proyectos STEAM con formato KIKS para el desarrollo de competencias clave

STEAM projects with KIKS format for developing key competences

- Dr. José-Manuel Diego-Mantecón. Profesor Contratado Doctor, Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación, Universidad de Cantabria (España) (josemanuel.diego@unican.es) (<https://orcid.org/0000-0002-4427-2724>)
- Dra. Teresa-F. Blanco. Profesora Titular de Universidad, Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidad de Santiago de Compostela (España) (teref.blanco@usc.es) (<https://orcid.org/0000-0003-4215-8677>)
- Zaira Ortiz-Laso. Investigadora Predoctoral, Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación, Universidad de Cantabria (España) (zaira.ortiz@unican.es) (<https://orcid.org/0000-0001-9629-2279>)
- Dr. Zsolt Lavicza. Catedrático, Centro de Educación STEM, Johannes Kepler University, Linz (Austria) (zsolt.lavicza@jku.at) (<https://orcid.org/0000-0002-3701-5068>)

RESUMEN

Los currículos de educación secundaria resaltan el aprendizaje por competencias, aunque actualmente no se observan cambios sustanciales en los hábitos de intervención en el aula. Las iniciativas implementadas se han centrado principalmente en impulsar el desarrollo conjunto de tres competencias clave como máximo. Este artículo presenta un estudio internacional bajo los programas Erasmus+ y H2020, con el objetivo de establecer relaciones entre el aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS (Kids Inspire Kids for STEAM) y el desarrollo global de las competencias clave. La muestra incluye 267 estudiantes de secundaria distribuidos en 53 equipos de 29 centros de Finlandia, Inglaterra, Hungría y España. Cada equipo elaboró varios proyectos durante al menos dos años académicos con los siguientes enfoques de implementación: aprendizaje basado en proyectos STEAM y KIKS. Los datos se recabaron por medio de observaciones y entrevistas a estudiantes, profesores y formadores KIKS. Los análisis revelaron que la combinación de ambos enfoques facilita el desarrollo de las ocho competencias clave. El aprendizaje por proyectos favoreció esencialmente la competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería, mientras que el formato KIKS potenció las competencias en lectoescritura y multilingüe. El resto se vieron estimuladas por la combinación de ambos enfoques. Cabe destacar que la participación prolongada en el programa de implementación fue determinante en los resultados obtenidos.

ABSTRACT

Secondary education curricula highlight competence-based learning; although meaningful school-intervention habits have not yet been observed. The initiatives implemented have focused primarily on promoting the combined development of no more than three key competences. This article presents an international study under the Erasmus+ and H2020 programmes, for analysing the impact of the STEAM project-based learning approach with KIKS format (Kids Inspire Kids for STEAM) on the interwoven development of key competences. The sample included 267 high school students divided into 53 teams from 29 educational centres in Finland, England, Hungary, and Spain. Each team carried out several projects for no less than two academic years, by means of the following two approaches: STEAM project-based learning and KIKS. Data were collected from observations and interviews with students, teachers, and KIKS trainers. Analyses revealed that the combination of these two approaches facilitate the development of all eight key competences. The project-based learning focus essentially fostered the enhancement of the mathematical competence and in science, technology, and engineering, while KIKS format promoted literacy and multilingual competences. The remaining competences were encouraged by the combination of both approaches. It is noteworthy that prolonged participation in the programme, as it was implemented, was crucial to achieving the obtained outcomes.

PALABRAS CLAVE | KEYWORDS

Competencia, aprendizaje basado en proyectos, STEAM, formato KIKS, educación secundaria, internacionalización.
Competence, project-based learning, STEAM, KIKS format, secondary education, internationalization.

1. Introducción y estado de la cuestión

Como consecuencia de las recomendaciones europeas, los currículos actuales resaltan la importancia de la adquisición y desarrollo de las competencias clave (Consejo de la Unión Europea, 2018). El desarrollo de estas competencias ha fomentado el uso de metodologías activas para garantizar una formación permanente de la ciudadanía (López-Pastor, 2011; Paños-Castro, 2017). En el aula de secundaria, sin embargo, no se han observado cambios sustanciales en los hábitos de intervención, ni tampoco en el uso de dichas metodologías (Valverde-Crespo et al., 2018). Entre las causas que obstaculizan el desarrollo de competencias se encuentran la resistencia de los docentes al cambio (Al-Salami et al., 2017; Monereo, 2010) y las dificultades para enseñar mediante metodologías activas (Vázquez-Cano, 2016). Además, en algunos países, como por ejemplo España, el uso excesivo del libro de texto tampoco promueve su desarrollo (Toma & Greca, 2018).

Una de las metodologías más utilizadas para trabajar las competencias clave es el aprendizaje basado en proyectos STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas por sus siglas en inglés). Esta metodología permite integrar contenidos de las materias STEM (Han et al., 2015) para formar a ciudadanos competentes capaces de afrontar los retos de la sociedad (Acar et al., 2018; Maass et al., 2019), reduciendo la brecha entre las competencias adquiridas bajo un enfoque tradicional y las que demanda el contexto profesional actual (Jang, 2016; Ward et al., 2014). El aprendizaje basado en proyectos STEM se ha centrado fundamentalmente en fomentar el desarrollo de la competencia científico-matemática. En ocasiones esta competencia se trabaja conjuntamente con la competencia digital al integrar la búsqueda de información y el uso de software en la resolución de problemas (Domènech-Casal, 2018; Valverde-Crespo et al., 2018). En educación primaria existen varios estudios, a nivel de centro, que integran el desarrollo de varias competencias a través de metodologías activas (Martín & García, 2018). Sin embargo, en la etapa de educación secundaria son escasos los proyectos que abordan conjuntamente tres o más competencias. Es decir, en esta etapa educativa no se ha hecho un intento por acometer un desarrollo integral de las competencias clave.

Considerando lo anterior, este artículo presenta una investigación de tres años de duración en la que 267 estudiantes de secundaria de cuatro países desarrollan las competencias clave de forma global, a través de la elaboración de proyectos STEAM con formato KIKS. El acrónimo KIKS (Kids Inspire Kids for STEAM) se traduce al español como «Chico/as que Motivan a Chico/as en las STEAM». El enfoque STEAM incorpora la A de Arts, integrando así las materias de humanidades y arte a las disciplinas científicas antes mencionadas (Colucci-Gray et al., 2019). El presente estudio internacional se enmarca en los programas europeos Erasmus+ y H2020.

1.1. Competencias clave

Las competencias clave se definen como una combinación de conocimientos, capacidades y actitudes. Los conocimientos se componen de hechos, conceptos y teorías; las capacidades son la habilidad para aplicar los conocimientos y obtener resultados; y las actitudes son la disposición del individuo para actuar ante ciertas situaciones (Consejo de la Unión Europea, 2018). Desde una perspectiva curricular, el aprendizaje por competencias supone «una ruptura con la estructura tradicional de las disciplinas académicas y una apuesta por un enfoque interdisciplinar en el proceso de enseñanza-aprendizaje» (García-Raga & López-Martín, 2011: 537). Tras varias recomendaciones, el Consejo de la Unión Europea (2018) destaca ocho competencias clave: 1) Lectoescritura; 2) Multilingüe; 3) Matemática, ciencia, tecnología e ingeniería; 4) Digital; 5) Personal, social y de aprender a aprender; 6) Ciudadana; 7) Emprendedora; (8) Conciencia y expresiones culturales. La competencia en lectoescritura es la habilidad para comprender, expresar, e interpretar información tanto de forma oral como escrita, mientras que la multilingüe está relacionada con el manejo de una o más lenguas extranjeras. La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería comprenden la destreza para formular, emplear e interpretar las matemáticas en problemas cotidianos, así como la habilidad para explicar el mundo natural, plantear preguntas y extraer conclusiones. Por su parte, la digital abarca, entre otras, la habilidad para utilizar las tecnologías de forma segura y responsable. La competencia ciudadana enfatiza la destreza para participar plenamente en la vida social y cívica, mientras que la personal, social y de aprender a

aprender comprende la capacidad para gestionar el tiempo y el aprendizaje tanto de forma autónoma como colaborativa. La competencia emprendedora está relacionada con la habilidad para transformar oportunidades e ideas en actos, mientras que la competencia en conciencia y expresiones culturales incluye la capacidad para comprender y respetar diferentes contextos culturales y artísticos.

La mayoría de los currículos europeos se han hecho eco de estas competencias con el objetivo de lograr un aprendizaje permanente, que posibilite a los ciudadanos enfrentarse a las necesidades profesionales de la sociedad actual (Nordin & Sundberg, 2016). El desarrollo de competencias se ha impulsado a través de diferentes iniciativas como los recursos digitales, la ciencia ciudadana, los clubs de lectura, y los contextos medio ambientales y patrimoniales. Castillo (2008) y Valverde-Crespo et al. (2018) enfatizan, por ejemplo, el uso de recursos digitales para el desarrollo de la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería. Los recursos digitales se han utilizado también para fomentar la toma de decisiones éticas (Pérez-Escoda et al., 2014; Wesselink & Giaffredo, 2015), así como para potenciar la lectoescritura (Marchal et al., 2018) y la formación multilingüe (Jalkanen & Vaarala, 2013), a través fundamentalmente de la participación en videoconferencias (Tecedor & Campos-Dintrans, 2019) y de la escucha de noticias en lengua no materna (González-Villarón & Egido-Gálvez, 2017).

La educación ambiental y la educación para el desarrollo sostenible se han presentado como iniciativas para incentivar el aprendizaje en valores, y promover la justicia social y ambiental (Agirreazkuenaga, 2020). De forma similar, la educación patrimonial y artística se usan como recursos para formar a una ciudadanía crítica y reflexiva (Trabajo-Rite & Cuenca-López, 2020). Los experimentos de ciencia ciudadana, con un proceso de co-creación, se utilizan para que el estudiante sea consciente de las necesidades y preocupaciones sociales (Senabre et al., 2018).

Los clubs de lectura promueven el desarrollo de distintas componentes de la competencia en lectoescritura entre las que se incluyen la comprensión lectora y el enjuiciamiento literario (Álvarez-Álvarez & Vejo-Saiz, 2017), mientras que los contextos cotidianos se sugieren para desarrollar el sentido crítico y fomentar la cooperación entre iguales (Santisteban, 2009). Como se deduce de las líneas anteriores, existen diferentes iniciativas y recursos para trabajar las competencias. En cuanto a metodologías se refiere, el aprendizaje basado en proyectos STEM es posiblemente el más recurrente para al desarrollo de competencias clave (Domènech-Casal et al., 2019; Han et al., 2015).

1.2. Aprendizaje basado en proyectos STEM

El aprendizaje basado en proyectos STEM posee las características propias del enfoque interdisciplinar (Slough & Milam, 2013), donde el trabajo en equipo y el contexto desempeñan un papel fundamental (Kennedy & Odell, 2014). Se trata normalmente de proyectos abiertos, no estructurados, que dan lugar a procesos de investigación científica dentro de un marco práctico de diseño y resolución de problemas (Ayerbe-López & Perales-Palacios, 2020; Diego-Mantecón et al., 2019). Esta metodología suele dar como resultado el desarrollo de un producto final en el que se ponen en práctica conocimientos de diferentes materias (Fuentes-Hurtado & González-Martínez, 2017). En los últimos años, se ha incorporado a la educación STEM la A de Artes, surgiendo así el acrónimo STEAM y como resultado el desarrollo de proyectos que involucran, además de materias científico-tecnológicas, materias de humanidades, sociales o arte (Colucci-Gray et al., 2019).

Aunque existe un incremento de prácticas STEAM, la mayoría de las investigaciones que relacionan el aprendizaje por proyectos con el desarrollo de competencias se realizan bajo un enfoque STEM. Normalmente estas investigaciones analizan distintas dimensiones de la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería. Por ejemplo, Afriana et al. (2016) mostraron que estudiantes indonesios de secundaria mejoraron significativamente su competencia científica, con respecto al grupo de control, después de participar en un programa de proyectos STEM. De manera similar, Acar et al. (2018) detectaron calificaciones significativamente más altas en el área de ciencias en un grupo de estudiantes turcos. En un estudio longitudinal de tres años con estudiantes de secundaria americanos, Han et al. (2016) observaron una mejora en el desarrollo de su destreza matemática en las áreas de geometría y probabilidad. Diego-Mantecón et al. (2019) obtuvieron resultados similares con estudiantes españoles tras una intervención de dos años. En un programa de corta duración, Sarican y

Akgunduz (2018) sugieren también la relación entre proyectos STEM y competencia científica, aun sin encontrar diferencias significativas en su experimento. Rara vez se han confirmado relaciones entre otras competencias y el aprendizaje basado en proyectos STEM, aunque algunos autores sugieren que esta metodología promueve la competencia personal, social y de aprender a aprender (Sarican & Akgunduz, 2018; Larmer et al., 2015), así como las competencias en lectoescritura y multilingüe (Viro & Joutsenlahti, 2018). Para trabajar globalmente las competencias clave, y no de manera puntual, iniciativas europeas como KIKS y STEMforYouth sugieren utilizar el aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS (Blanco et al., 2019).

1.3. Proyectos STEAM con formato KIKS

El aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS sigue un proceso definido de elaboración. Los proyectos se desarrollan en lengua no materna, normalmente en inglés, con el objetivo de motivar a otros, que están lejos, en el aprendizaje de las áreas STEAM (Blanco et al., 2019). Los estudiantes son agentes activos que elaboran proyectos de forma colaborativa, siendo supervisados por profesores o educadores de dichas áreas. Estos últimos son normalmente agentes pasivos que promueven la toma de decisiones del estudiante. Los proyectos se introducen a partir del siguiente reto: ¿cómo podemos conseguir que otros estudiantes se interesen por las materias STEAM? Una vez propuesto el reto, los estudiantes acuerdan con sus supervisores el proyecto a realizar. Este puede surgir de una idea de los propios participantes o de un repositorio de actividades diseñadas por expertos. Los proyectos pueden variar en complejidad y tiempo de ejecución, de acuerdo con la disponibilidad de los participantes. Una vez decidido el proyecto se secuencian y distribuyen las tareas. Cada estudiante colabora en todas las etapas del proyecto, incluyendo el planteamiento y la resolución de los problemas, los procesos de investigación y experimentación, la puesta en común de soluciones, y el diseño del producto o conclusiones finales. Para cada proyecto ha de generar un documento de texto y un vídeo (Blanco et al., 2019). El documento incluye la descripción del proyecto, su desarrollo y el resultado final, centrándose en la parte analítica. El vídeo ha de mostrar la parte práctica: ensamblado del material, construcción de artefactos, y funcionamiento o aplicabilidad de los mismos. Todos los estudiantes deben exponer sus trabajos, a través de videoconferencias y encuentros presenciales, en eventos nacionales e internacionales. Durante el período de exposiciones, los equipos introducen cambios y mejoras en sus proyectos STEAM, adaptando las presentaciones a los diferentes públicos.

Después de una revisión profunda de la literatura, no se han observado investigaciones que evalúen la influencia del aprendizaje basado en proyectos STEAM en el desarrollo de las competencias de una manera global. El objetivo de este estudio es por lo tanto analizar hasta qué punto el aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS contribuye al desarrollo integrado de las competencias clave. De acuerdo con lo anterior, se articula la siguiente pregunta: ¿hasta qué punto existe relación entre la implementación de proyectos STEAM con formato KIKS y el desarrollo de las ocho competencias clave?

2. Materiales y métodos

Para responder a la pregunta de investigación, se diseñó una batería de proyectos STEAM con una guía para su implementación en el aula de secundaria. Los proyectos STEAM se diseñaron bajo una adaptación del marco de Thibaut et al. (2018a; 2018b) que comprende cinco dimensiones: 1) La integración de contenidos STEAM; 2) La resolución de problemas en contexto; 3) Los procesos de investigación; 4) El diseño; 5) El trabajo cooperativo. Los proyectos diseñados incluyeron contenidos de al menos dos disciplinas STEAM en un contexto de resolución de problemas, promoviendo una fase de investigación y otra de diseño, en un entorno cooperativo. Los proyectos fueron implementados además considerando las características del formato KIKS (Blanco et al., 2019). Para cada proyecto se solicitó la elaboración de una memoria en dos lenguas y un vídeo en lengua no materna. Se requirió que los resultados se difundiesen, tanto de manera virtual como presencial, mediante videoconferencias y eventos de carácter nacional e internacional. Esta acción implica un proceso iterativo de mejora de los trabajos al recibir retroalimentación de los receptores.

Esta investigación se efectuó en el contexto internacional del proyecto de innovación educativa e

investigación KIKS, dentro del programa Erasmus+, con continuidad en España a través del proyecto STEMforYouth (H2020). Cada socio llamó a la participación de centros de secundaria en sus respectivos países (Finlandia, Inglaterra, España y Hungría) y concretamente en las regiones de Jyväskylä, Cambridgeshire, Cantabria, así como en la ciudad de Budapest (parte de Buda). Se contactó con los centros vía e-mail a través de las consejerías de educación. En cada país respondió un mínimo de 30 centros educativos, tanto públicos como no públicos.

Profesores de estos centros participaron en la primera fase del programa que incluyó sesiones teóricas sobre la educación STEAM, el formato KIKS, y la incidencia de las competencias clave en el currículo. Después de estas sesiones, los profesores asistieron a varios talleres de formación sobre la implementación de proyectos STEAM con formato KIKS. Aunque la mayoría completaron la formación, el 77% rehusó llevar a cabo el proceso de implementación del programa en sus aulas al identificar barreras como: la rigidez del horario lectivo, la incompatibilidad con el proceso de evaluación, la carencia de apoyo en el centro educativo y la falta de confianza en sí mismo debida a su escaso conocimiento interdisciplinar.

Como consecuencia de lo anterior, la muestra del estudio englobó a un total de 46 profesores y 267 estudiantes de 29 centros de secundaria de los cuatro países, sin experiencia previa en la introducción del aprendizaje basado en proyectos en el aula. Se formaron 53 equipos de 4-6 estudiantes, dependiendo de la extensión y complejidad de los proyectos. Los equipos fueron supervisados por al menos un profesor de las áreas STEAM y un formador KIKS (personal investigador que asesoraba en la elaboración de los proyectos).

En total 17 formadores KIKS participaron en el estudio. Cuando comenzó el programa, que tuvo una duración de tres años académicos, los estudiantes tenían 13-14 años. Cada equipo elaboró al menos tres proyectos dentro del horario escolar, en un mínimo de dos años académicos. Los proyectos se expusieron en congresos de educación dirigidos a profesores e investigadores, eventos escolares para estudiantes, y eventos de divulgación científica destinados al público en general. Se realizaron también conferencias online entre equipos de diferentes países. Información detallada sobre los proyectos y los eventos puede encontrarse en los siguientes repositorios: <https://bit.ly/KIKSWEB> y <https://bit.ly/STEM4Yweb>.

Para el análisis de datos se adoptó un enfoque cualitativo, ya que la pregunta de investigación busca identificar relaciones entre el aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS, y el desarrollo global de las competencias clave. En ningún caso la intención del estudio es generalizar resultados o validar la causa-efecto entre variables, sino profundizar en los análisis de manera exploratoria identificando posibles relaciones entre las variables a evaluar (Creswell, 2009); en este caso entre el marco STEAM con formato KIKS y el desarrollo de las ocho competencias clave. Se empleó un enfoque cuadrangular al examinar y contrastar los datos obtenidos de las entrevistas semiestructuradas realizadas a profesores, estudiantes y formadores KIKS, y de las observaciones llevadas a cabo a lo largo de los procesos de implementación del programa. Los datos se recogieron antes, durante y después del desarrollo de los proyectos, y su exposición en eventos.

Las observaciones y las entrevistas permitieron obtener información específica sobre los factores que influyeron en el desarrollo de competencias. La mayoría de la información se recopiló en vídeo para su posterior análisis. Los análisis se realizaron mediante la identificación de relaciones entre las diferentes variables a evaluar. Se utilizaron tablas para recopilar y cruzar datos de las entrevistas y observaciones para cada competencia. Una vez cruzados los datos, se establecieron relaciones entre las diferentes variables, proporcionándose testimonios de los sujetos para apoyar los resultados extraídos.

La Tabla 1 sintetiza, a modo de ejemplo, la guía utilizada para recabar la información relacionada con la competencia digital. En la columna de la izquierda se presenta la pregunta matriz con la que comienzan las entrevistas, la segunda y la cuarta columna muestran las características propias del aprendizaje basado en proyectos STEAM y del formato KIKS, respectivamente. La tercera y la quinta columna contienen espacios a completar por el investigador respecto al conocimiento, capacidad, y/o actitud potenciada por el programa implementado.

Tabla 1. Guía de entrevistas y observaciones (Competencia Digital)

Preguntas a profesores, estudiantes y formadores KIKS	Aprendizaje basado en proyectos STEAM	Conocimiento, capacidad o actitud identificada	Formato KIKS	Conocimiento capacidad o actitud identificada
¿Qué aspectos del programa contribuyen al desarrollo de la competencia digital?	Integración de contenidos		Elaboración de documentos escritos en dos lenguas	
	Resolución de problemas en contexto		Creación y edición de vídeos en lengua no materna	
	Procesos de investigación		Videokonferencias en dos lenguas	
	Aprendizaje basado en el diseño		Exposiciones presenciales a diferentes públicos en dos lenguas	
	Trabajo cooperativo		Proceso iterativo de mejora de los proyectos	

3. Análisis y resultados

Los análisis de los datos de las observaciones y las entrevistas a alumnos, profesores y formadores permitieron estudiar la relación entre el aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS y el desarrollo de las ocho competencias clave.

3.1. Competencia multilingüe y competencia en lectoescritura

Los estudiantes de los cuatro países manifestaron mejoras en varias componentes de la competencia lingüística, tanto en lengua materna como extranjera. Perfeccionaron su expresión oral como consecuencia de las presentaciones elaboradas para exponer sus trabajos. Pablo (profesor español, 38 años) expresó: «Después de varios trabajos, mis estudiantes consiguieron hacer presentaciones más ordenadas, explicando claramente los pasos seguidos en sus proyectos». Casi todos los profesores y formadores KIKS coincidieron en que a partir del primer año los estudiantes mejoraron su vocabulario y pronunciación en la lengua no materna. Balazs (profesor húngaro, 43 años) afirmó: «Mis estudiantes no tenían un inglés fluido, pero después de varias videoconferencias con estudiantes extranjeros se hacían entender mejor». Aprendieron además a adaptar su discurso a diferentes públicos cuando exponían en congresos de educación y eventos de divulgación. Mary (formadora inglesa, 35 años) manifestó: «Los estudiantes mejoraron su expresión oral y corporal, destacando cada vez más los aspectos relevantes de sus proyectos. [...] Miraban al público y gesticulaban para atraer su atención». Todo lo anterior facilitó la interacción y el diálogo con los asistentes, recibiendo «feedback» para mejorar sus trabajos. Ulla (estudiante finlandesa, 15 años) indicó: «Mejoramos mucho nuestras presentaciones tras la visualización de los vídeos con nuestro profesor. Fue un reto para nosotras no repetir información».

3.2. Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería

Los estudiantes mejoraron esta competencia al resolver proyectos en contextos reales que integran contenidos habitualmente estudiados de forma separada en el aula. Comenzaron a ser conscientes de la aplicabilidad de tales contenidos, entendiendo por lo tanto la importancia de su estudio. Tony (estudiante inglés, 14 años) señaló: «No sabía que las matemáticas tenían un papel tan importante. En casi todos los proyectos había que utilizar matemáticas». Óscar (profesor español, 45 años) expresó: «Mis estudiantes fueron conscientes de que para resolver un problema real es necesario dividirlo en otros más pequeños y aplicar contenidos de varias áreas del conocimiento». Los proyectos implicaban el manejo de propiedades matemáticas, y contenidos de ciencia y tecnología. Durante su desarrollo se puso de manifiesto que muchos estudiantes no habían asimilado realmente estos contenidos en las clases ordinarias. Mirka (profesora finlandesa, 38 años) declaró: «Al principio, cuando planteábamos los proyectos no se daban cuenta de que tenían que utilizar contenidos ya estudiados». Zsolt (estudiante húngaro, 17 años) indicó: «Con los proyectos fui capaz de entender leyes físicas que había estudiado en cursos anteriores y no había logrado entender». Nicolás (estudiante español, 16 años) reveló: «No entendía para que servían los dibujos que hacíamos en clase de tecnología, hasta que diseñé prototipos del robot».

3.3. Competencia digital

Los estudiantes desarrollaron diferentes aspectos de la competencia digital tras varios años de elaboración de proyectos. Utilizaron recursos como el ordenador, la «tablet» y el teléfono móvil tanto para buscar información como para elaborar presentaciones. Mejoraron sus habilidades en la grabación y edición de vídeos, utilizados para difundir sus resultados. Francisco (formador KIKS español, 53 años) señaló: «Cada vez utilizaban más recursos tecnológicos, generando incluso gráficos para mostrar la información de forma clara». Peter (profesor inglés, 45 años) indicó: «Algunos estudiantes repitieron el vídeo voluntariamente para mejorar su calidad después de indagar sobre técnicas de edición sofisticadas». Medios digitales, como Twitter o Skype, fueron utilizados para comunicarse entre los miembros de los equipos, así como para presentar sus trabajos a terceros. A modo de ejemplo, Celia (estudiante española, 15 años) expresó: «Muchas de las dudas o sugerencias que hacíamos al profesor se las enviábamos por Twitter». Además de lo anterior, los estudiantes aprendieron a utilizar programas libres de tratamiento de datos y geometría dinámica como Tracker y GeoGebra, respectivamente. Por ejemplo, Anne (estudiante inglesa, 15 años) declaró: «Nunca pensé que GeoGebra me iba a ayudar a resolver problemas reales. Mi profesor de matemáticas solo lo utilizaba para enseñarnos funciones».

3.4. Competencia personal, social y de aprender a aprender y competencia emprendedora

Las competencias personales, sociales, de aprender a aprender, y emprendedoras, también se potenciaron durante la inmersión del programa. Los alumnos aportaron ideas creativas y tomaron decisiones sobre cómo enfocar su trabajo, así como hasta dónde profundizar. Aunque los profesores actuaban como supervisores, estos por lo general permanecían en un segundo plano, especialmente cuando los equipos tenían que desarrollar una estrategia para afrontar una tarea específica. Vilmos (profesor húngaro, 58 años) reveló: «En el primer proyecto los estudiantes tenían dificultades para planificar el trabajo, y se vieron forzados a aportar ideas y argumentar sobre los caminos a seguir». En esta línea, Elisabeth (profesora inglesa, 41 años) indicó: «Noté mejoría con respecto al plan de trabajo. [...] Se repartieron las tareas entre ellos y no consideré necesario intervenir». También se observó una mejora en el reparto de los tiempos de las exposiciones, así como en la coordinación entre los integrantes de cada equipo. Los estudiantes ganaban confianza en sí mismos a medida que avanzaban en sus proyectos, y se sentían protagonistas de su aprendizaje siendo además capaces de autoevaluarse. Por ejemplo, Matt (formador KIKS inglés, 59 años) expresó: «En los últimos eventos, los turnos de intervención de los estudiantes se repartían de forma más equitativa. Al principio, algunos rehusaban intervenir y otros se extendían demasiado».

3.5. Competencia ciudadana y competencia en conciencia y expresiones culturales

La competencia ciudadana, y la competencia en conciencia y expresiones culturales se promovieron durante los tres años del programa. Varios equipos realizaron proyectos en los que el arte y las expresiones culturales eran un pilar fundamental. En el proyecto «Arcos de medio punto» se buscaba, además de trabajar las matemáticas, la tecnología y la ingeniería, conocer aspectos arquitectónicos, patrimoniales y artísticos. El proyecto «Reciclaje de latas» tenía como objetivo no solo integrar contenidos, sino también utilizar las representaciones artísticas como medio para concienciar a la ciudadanía en el reciclaje. Se elaboraron otros proyectos de sensibilidad social como «Microorganismos en objetos cotidianos», «Una gota de vida», y «Rampas de Accesibilidad». En este último, los estudiantes consultaron documentos legislativos para verificar la idoneidad de las rampas de su entorno, aplicando conceptos matemáticos y dispositivos digitales. Este proyecto resultó además un ejercicio de conciencia ciudadana hacia las personas con movilidad reducida. Markku (estudiante finlandés, 15 años) comentó: «Después de la videoconferencia, cuando veía una rampa en mi ciudad me preguntaba si sería práctica para la gente con silla de ruedas». El contexto multicultural en el que se desarrolló el programa fue enriquecedor para percibir aspectos sociales, artísticos y culturales de otras sociedades. Lucía (estudiante española, 14 años) señaló: «La presentación de los finlandeses sobre el «Himmeli» [objeto navideño típico del país] me sirvió para darme cuenta de que estas figuras artísticas se venden en España». Tanto en los encuentros virtuales como en los presenciales, los estudiantes se interesaban por las ideas y los aspectos culturales de otros. En

cuanto a los presenciales, por ejemplo, se resalta el conocimiento patrimonial y cultural adquirido durante los viajes nacionales e internacionales.

4. Discusión y conclusiones

En este estudio se han identificado relaciones entre el aprendizaje basado en proyectos STEAM con formato KIKS y el desarrollo global de las competencias clave. Nuestros resultados concuerdan con los de Han et al. (2015, 2016), Acar et al. (2018), Afriana et al. (2016) y Diego-Mantecón et al. (2019), en cuanto a que las prácticas STEM contribuyen al desarrollo de la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería. Nuestro estudio revela además que el formato KIKS permite trabajar y potenciar el resto de competencias clave. Se ha verificado por ejemplo que la elaboración de proyectos STEAM en lengua extranjera potencia la competencia multilingüe. A diferencia del aprendizaje tradicional, el formato KIKS no solo exige leer y escribir en lengua no materna, sino que propicia la comunicación mediante el intercambio de información tanto de forma presencial como virtual. Estas conclusiones coinciden con las obtenidas en estudios sobre el aprendizaje de lengua no materna al afirmar que los dispositivos digitales, las videoconferencias y la escucha de nativos mejoran la competencia multilingüe (Jalkanen & Vaarala, 2013; Tecedor & Campos-Dintrans, 2019; González-Villarón & Egido-Gálvez, 2017). El formato KIKS facilita también la competencia en lectoescritura cuando los estudiantes presentan en eventos de habla local; algo ya defendido por Viro y Joutsenlahti (2018).

La característica KIKS de generar documentos escritos y vídeos ha mostrado ser eficaz en el desarrollo de la competencia digital. Dicha competencia se potenció además mediante el empleo de recursos digitales para la búsqueda de información, diseño de prototipos, y recogida y análisis de datos. En este estudio la competencia digital no se ha desarrollado como fin en sí misma, sino como un medio natural a través del que se generan los proyectos, estando además estrechamente ligada al resto de competencias clave. Esta última conclusión fue ya destacada por Valverde-Crespo et al. (2018) al afirmar que la competencia digital es un elemento de la competencia científica. Años antes se habían establecido otras relaciones como la existente entre la competencia digital y la personal, social y de aprender a aprender (Wesselink & Giaffredo, 2015), y la competencia digital y la multilingüe (Jalkanen & Vaarala, 2013).

Desde la propia elección de los proyectos, la conexión formato KIKS y aprendizaje basado en proyectos evidenció el desarrollo de la competencia personal, social y de aprender a aprender y de la competencia emprendedora. Los proyectos se seleccionaron de acuerdo con el interés de los estudiantes, y en consenso con el profesor. Además, cada estudiante colaboró en todas las etapas del proyecto desde su planteamiento hasta su exposición final. El desarrollo de estas dos competencias se potenció al permitir a los equipos liderar sus propios proyectos, planificando y secuenciando tareas, así como mejorando sus trabajos al considerar el «feedback» recibido en las exposiciones. Nótese que la relación entre la elaboración de proyectos STEM y la capacidad de liderazgo, espíritu emprendedor y pensamiento crítico ya había sido sugerida, aunque no confirmada, por Sarican y Akgunduz (2018) y Larmer et al. (2015).

El aprendizaje basado en proyectos se viene implementando bajo un marco STEM (Domènech-Casal et al., 2019; Han et al., 2015, 2016), y aunque todavía existen reticencias para usar un enfoque STEAM, este estudio ha mostrado que la A de Artes proporciona una dimensión extra, que fomenta, entre otras, la competencia en conciencia y expresiones culturales. Nuestro estudio revela que los estudiantes han desarrollado, además de la competencia científico-matemática y tecnológica, aspectos relacionados con las dimensiones arquitectónicas, patrimoniales y artísticas. La característica KIKS de impulsar la asistencia a eventos nacionales e internacionales ayudó también a desarrollar la competencia ciudadana, posibilitando la visita a distintos contextos artísticos y culturales, así como la interacción con sus habitantes. En este programa, diferentes estudiantes participaron por ejemplo en congresos educativos en Inglaterra, España o Italia. En cuanto a la competencia ciudadana, la temática de algunos proyectos sensibilizó en prácticas saludables y medioambientales, tanto a autores como a receptores.

Los análisis parciales y globales del estudio revelaron que el desarrollo de competencias se produjo como consecuencia, no solo de los enfoques de implementación utilizados, sino también de la participación prolongada de los sujetos en el programa (mínimo dos años). El proceso iterativo de elaboración y refinamiento, característico del formato KIKS, supuso un esfuerzo extra por parte de los estudiantes para

corregir y mejorar sus proyectos, durante un período continuado de evaluación y supervisión. Todos los análisis apuntaron a que las mejoras competenciales se producían fundamentalmente en el segundo año. Estas conclusiones entroncan con los resultados de Sarican y Akgunduz (2018) al sugerir que prácticas STEM intensivas, en períodos no prolongados de tiempo, difícilmente promueven el desarrollo de competencias. Más estudios son, sin embargo, recomendados para proporcionar una mayor consistencia a estos resultados.

Es importante resaltar que, además de los beneficios mostrados durante la implementación de este programa, se observaron también algunas barreras que suponen un reto para los sistemas educativos actuales. El aprendizaje basado en proyectos con formato KIKS no se adapta con facilidad a la programación horaria de los centros educativos, ni tampoco a los métodos de evaluación; hechos que supusieron un obstáculo para varios de los profesores interesados en unirse al programa. Espacios de trabajo, como talleres, laboratorios, y salas de informática, imprescindibles para implementar este programa, no siempre están disponibles en los centros o son escasos. Este formato de instrucción, que requiere material fungible, componentes tecnológicos de uso no común, y la asistencia a eventos educativos, no es viable sin un marco institucional reglado que proporcione recursos humanos y soporte financiero adicional. Podemos afirmar, además, que dos de las principales razones por las que los profesores rehusaron participar fue su escasa formación en el enfoque interdisciplinar y la falta de apoyo por parte del resto de agentes de su centro.

Como continuidad a esta línea de investigación, sería relevante emprender investigaciones cuantitativas que aborden las relaciones identificadas en este estudio y se crucen variables categóricas no atendidas, como sexo, características de centro, o contexto socioeconómico. Este segundo trabajo proporcionaría más consistencia a los resultados obtenidos, arrojando mayor luz sobre la naturaleza y el desarrollo de las competencias clave.

Apoyos

Este estudio ha recibido apoyo del Programa Horizon 2020 de la Unión Europea (710577); Programa Erasmus+ (2015-1-HU01-KA201-013611); FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Agencia Estatal de Investigación (EDU2017-84979-R).

Referencias

- Acar, D., Tertemiz, N., & Ta demir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(4), 505-513. <https://doi.org/10.26822/iejee.2018438141>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to stem to enhance elementary school's students scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261-267. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Agirreazkuenaga, L. (2020). Education for Agenda 2030: What direction do we want to take going forward? *Sustainability*, 12, 2035-2035. <https://doi.org/10.3390/su12052035>
- Al-Salami, M.K., Makela, C.J., & Miranda, M.A. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 63-88. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9341-0>
- Álvarez Álvarez, C., & Vejo-Sainz, R. (2017). Mejora de la competencia lectora con un club de lectura escolar. *Biblios*, 68, 110-122. <https://doi.org/10.5195/BIBLIOS.2017.351>
- Ayerbe-López, J., & Perales-Palacios, F.J. (2020). 'Reinventar tu ciudad': Aprendizaje basado en proyectos para la mejora de la conciencia ambiental en estudiantes de Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 38, 181-203. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2812>
- Blanco, T.F., Ortiz-Laso, Z., & Diego-Mantecón, J.M. (2019). Proyectos STEAM con formato KIKS para la adquisición de competencias LOMCE. In J. M. Marbán, M. Arce, A. Maroto, J. M. Muñoz-Escolano, & A. Alsina (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIII* (pp. 614-614). SEIEM. <https://bit.ly/3iLCrZj>
- Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 11(2), 171-194. <https://bit.ly/3iLCrZj>
- Castro, J.P. (2017). Educación emprendedora y metodologías activas para su fomento. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(3), 33-33. <https://doi.org/10.6018/reifop.20.3.272221>
- Colucci-Gray, L., Burnard, P., Gray, D., & Cooke, C. (2019). A Critical Review of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). In P. Thomson (Ed.), *Oxford Research Encyclopedia of Education* (pp. 1-26). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.398>
- Consejo de la Unión Europea (Ed.) (2018). *Recomendación del consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente*. <https://bit.ly/3epV571>

- Creswell, J.W. (2009). *Research design: Quantitative, qualitative and mixed methods approaches*. Sage.
- Diego-Mantecón, J.M., Arcera, O., Blanco, T.F., & Lavicza, Z. (2019). An engineering technology problem-solving approach for modifying student mathematics-related beliefs: Building a robot to solve a Rubik's cube. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 26(2), 55-64. https://doi.org/10.1564/tme_v26.2.02
- Domènech-Casal, J. (2018). Concepciones de alumnado de secundaria sobre energía: Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos con globos aerostáticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 36, 191-213. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2462>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Fuentes-Hurtado, M., & González-Martínez, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *Revista de Educación a Distancia*, 54, 1-25. <https://doi.org/10.6018/red/54/8>
- García-Raga, L., & López-Martín, R. (2011). Convivir en la escuela. Una propuesta para su aprendizaje por competencias. *Revista de Educación*, 356, 531-555. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-356-050>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M.M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Han, S., Rosli, R., Capraro, M.M., & Capraro, R.M. (2016). The Effect of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project Based Learning (PBL) on students' achievement in four Mathematics topics. *Journal of Turkish Science Education*, 13, 3-29. <https://doi.org/10.12973/tused.10168a>
- Jalkanen, J., & Vaarala, H. (2013). Digital texts for learning Finnish: Shared resources and emerging practices. *Language Learning and Technology*, 17(1), 107-124. <https://doi.org/10.1025/24512>
- Jang, H. (2016). Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 284-301. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>
- Kennedy, T.J., & Odell, M.R.L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. <https://bit.ly/2CnOZ8q>
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project based learning*. ASCD.
- López, F.M.M., Romero, C.S., & Martín-Cuadrado, A.M. (2018). Análisis de la competencia lingüística en primaria a través de las TIC. *Pixel-Bit*, 53(53), 123-135. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i53.08>
- López-Pastor, V.M. (2011). El papel de la evaluación formativa en la evaluación por competencias: Aportaciones de la red de evaluación formativa y compartida en docencia universitaria. *REDU*, 9(1), 159-159. <https://doi.org/10.4995/redu.2011.6185>
- Maass, K., Geiger, V., Ariza, M.R., & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 51, 869-884. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
- Martín, D., & García, M.G. (2018). Transformación del modelo educativo en el aprendizaje y desarrollo competencial. Estudio de caso. *Bordón*, 70(4), 103-119. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2018.60992>
- Monereo, C. (2010). ¡Saquen el libro de texto! Resistencia, obstáculos y alternativas en la formación de los docentes para el cambio educativo. *Revista de Educación*, 352, 583-597. <https://bit.ly/3gWCHmP>
- Nordin, A., & Sundberg, D. (2016). Travelling concepts in national curriculum policy-making: The example of competencies. *European Educational Research Journal*, 15(3), 314-328. <https://doi.org/10.1177/1474904116641697>
- Pérez-Escoda, A., Castro-Zubizarreta, A., & Fandos-Igado, M. (2016). La competencia digital de la Generación Z: claves para su introducción curricular en la Educación Primaria. [Digital skills in the Z Generation: Key questions for a curricular introduction in primary school]. *Comunicar*, 49, 71-79. <https://doi.org/10.3916/C49-2016-07>
- Santisteban, A. (2009). Cómo trabajar en clase la competencia social y ciudadana. *Aula de Innovación Educativa*, 187, 12-15. <https://bit.ly/3fh1X6t>
- Sarican, G., & Akgunduz, D. (2018). The impact of integrated STEM education on academic achievement, reflective thinking skills towards problem solving and permanence in learning in science education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(1), 94-107. <https://doi.org/10.18844/cjes.v13i1.3352>
- Senabre, E., Ferran-Ferrer, N., & Perelló, J. (2018). Diseño participativo de experimentos de ciencia ciudadana. [Participatory design of citizen science experiments]. *Comunicar*, 54, 29-38. <https://doi.org/10.3916/C54-2018-03>
- Slough, S.W., & Milam, J.O. (2013). Theoretical framework for the design of STEM project-based learning. In R. M. Capraro, M. M. Capraro, & J. M. Morgan (Eds.), *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics Approach* (pp. 15-27). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_3
- Tecedor, M., & Campos-Dintrans, G. (2019). Developing oral communication in Spanish lower-level courses: The case of voice recording and videoconferencing activities. *ReCALL*, 31(2), 116-134. <https://doi.org/10.1017/s0958344018000083>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H.D., Meester, J.D., Goovaerts, L., Struyf, A., de Pauw, J.B., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M.D., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., de Velde, D.V., Petegem, P.V., & Depaepae, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1-2. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepae, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190-205. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.12.014>
- Toma, R.B., & Greca, I.M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>

- Trabajo-Rite, M., & Cuenca-Lopez, M. (2020). Student Concepts after a didactic experiment in heritage education. *Sustainability*, 12(7), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su12073046>
- Valverde-Crespo, D., Pro-Bueno, A.J., & González-Sánchez, J. (2018). La competencia informacional-digital en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria obligatoria actual: Una revisión teórica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15, 1-15. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2105
- Vázquez-Cano, E. (2016). Dificultades del profesorado para planificar, coordinar y evaluar competencias claves. Un análisis desde la Inspección de Educación. *Revista Complutense de Educación*, 27(3), 1061-1083. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47400
- Villarón, M.G., & Gálvez, I.E. (2017). Factores explicativos del aprendizaje de la comprensión oral en lengua inglesa en educación secundaria: Comparación entre España y Holanda. *Revista Complutense de Educación*, 28(2), 591-607. https://doi.org/10.5209/rev_rced.2017.v28.n2.49634
- Viro, E., & Joutsenlahti, J. (2018). The start project competition from the perspective of Mathematics and academic literacy. *Education Sciences*, 8(2), 67-67. <https://doi.org/10.3390/educsci8020067>
- Ward, J.R., Clarke, H.D., & Horton, J.L. (2014). Effects of a research-infused botanical curriculum on undergraduates' content knowledge, STEM competencies, and attitudes toward plant sciences. *CBE—Life Sciences Education*, 13, 387-396. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-12-0231>
- Wesselink, R., & Giaffredo, S. (2015). Competence-based education to develop digital competence. *Encyclopaedia*, 19(42), 25-42. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-12-0231>